



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL E DA RECUPERAÇÃO  
AMBIENTAL EM ÁREAS DE DEPÓSITOS DE EXPURGOS NO ÂMBITO  
DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO SÃO FRANCISCO COM AS BACIAS  
DO NORDESTE SETENTRIONAL – PISF**

**Getulio Ezequiel da Costa Peixoto Filho**

MONOGRAFIA

BRASÍLIA  
2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**Getulio Ezequiel da Costa Peixoto Filho**

**AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL E DA RECUPERAÇÃO  
AMBIENTAL EM ÁREAS DE DEPÓSITOS DE EXPURGOS NO ÂMBITO  
DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO SÃO FRANCISCO COM AS BACIAS  
DO NORDESTE SETENTRIONAL – PISF**

**Monografia de especialização em  
Geoprocessamento Ambiental apresentada a  
banca examinadora do Instituto de  
Geociências como exigência para a obtenção  
do título de especialista em  
Geoprocessamento**

**Aprovada em 16/12/2016**

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Edilson de Souza Bias (orientador)

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Edson Eyji Sano

\_\_\_\_\_

Prof. Ms. Henrique Benini

\_\_\_\_\_

## **AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL E DA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS DE DEPÓSITOS DE EXPURGOS NO ÂMBITO DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO SÃO FRANCISCO COM AS BACIAS DO NORDESTE SETENTRIONAL – PISF**

Getulio Ezequiel da Costa Peixoto Filho<sup>1</sup>. Edilson de Souza Bias<sup>2</sup>.

[1] Estudante de especialização do curso de Geoprocessamento Ambiental, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília - UnB. E-mail: getuliojhc@uol.com.br

[2] Professor doutor do Instituto de Geociências, Universidade de Brasília – UnB. E-mail: edbias@gmail.com

### **Resumo**

O Projeto de Integração da Bacia do São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional – PISF é dotado de diversos tipos de obras e intervenções, tais como aquedutos, estações elevatórias, barragens, canais, formando – em seu conjunto – uma obra com alto grau de complexidade, produzindo diversos impactos ambientais e degradando muitas áreas. Dentre os 38 programas ambientais no âmbito do Projeto Básico Ambiental – PBA do PISF, há o PBA 09 “Programa de Recuperação de Áreas Degradadas” que tem por objetivo evitar o agravamento de processos erosivos e o comprometimento dos canais de água, assim como possibilitar a retomada do uso original ou alternativo das áreas onde houver intervenção. A proposta do presente estudo surgiu no sentido de complementar as ações adotadas no âmbito do PBA 09. Nesse, avaliou-se a regeneração/ recuperação em áreas de depósitos de expurgos a partir de ferramentas de sensoriamento remoto, Sistemas de Informações Geográficas – SIG e dados de campo. Para tanto, o principal instrumento utilizado para avaliar a regeneração/ recuperação foi o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. A partir da obtenção do índice de vegetação e estabelecimento de classes de cobertura do solo através do Software Envi 5.1®, realizou-se a integração e análise com o uso do software ArcGis 10.1®. Os dados de campo utilizados para avaliar a regeneração/ recuperação ambiental foram as áreas onde receberam depósitos de expurgos. De acordo com os métodos adotados neste trabalho pode-se perceber que as ações de regeneração/ recuperação em áreas de depósitos de expurgos adotadas foram pouco expressivas.

**Palavras-chave:** Regeneração natural; Recuperação de áreas degradadas; Índice de Vegetação; Sensoriamento Remoto; Sistema de Informação Geográfica.

## **Abstract**

The Project for the Integration of the São Francisco Basin with the Northern Northeast Basins - PISF is endowed with many types of constructions and interventions, such as aqueducts, elevation stations, dams, canals, forming – together – a work with a high degree of complexity, producing several environmental impacts and degrading many areas. Among the 38 programs in the scope of the Basic Environmental Project - BEP of the PISF, there is the BEP 09 "Program for the Recovery of Degraded Areas", whose objective is to avoid the worsening of erosion processes and the impairment of water channels, as well as to enable a resumption of usage of original or alternate areas of intervention. The proposal of the present study emerged in the sense to complement the actions adopted in the scope of PBA 09. In this study the regeneration / recovery in areas of waste disposal sites was evaluated using remote sensing tools, Geographic Information Systems - GIS and in field data. For this, the main instrument used to evaluate the regeneration / recovery was the Normalized Difference Vegetation Index. From the collect of the vegetation index and the establishment of coverage classes of the soil through Envi 5.1.1 software, and integrations and analysis with the ArcGis 10.1@ program. The field data used to evaluate the environmental regeneration / recovery were the areas that received deposits of purges. According to the methods adopted in this study it can be seen that the regeneration / recovery actions in areas of purge deposits were not very significant.

**Keywords:** Natural Regeneration; Recovery of Degraded Areas; Vegetation Index; Remote Sensing; Geographic Information System.

## 1. INTRODUÇÃO

Projetos de integração entre bacias são bastantes polêmicos em todo o mundo, não sendo uma exceção do Projeto de Integração do São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional – PISF. Sabe-se que desde meados do século XIX existiram várias versões de projetos para interligar a bacia do São Francisco às bacias do semiárido brasileiro e que muitas discussões foram acirradas em todo esse período. O que não se pode negar são os benefícios almejados com esse Projeto.

O PISF é um empreendimento do Governo Federal, sob a responsabilidade do Ministério da Integração Nacional (MI), que tem por objetivo garantir água para o desenvolvimento socioeconômico dos estados mais vulneráveis às secas, beneficiando cerca de 12 milhões de habitantes em 390 municípios de pequeno, médio e grande porte, nos estados de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte, além das 294 comunidades rurais às margens dos canais (adaptado de MI, 2015).

Cabe destacar que este projeto trará diversos impactos positivos, principalmente no sentido de contribuir para o desenvolvimento socioeconômico da região beneficiada por ele.

Dentre os principais benefícios esperados com a implantação do PISF, pode-se citar a dinamização da economia regional; aumento da oferta e da garantia hídrica; aumento da oferta de água para abastecimento urbano; abastecimento de água das populações rurais; redução da exposição da população a situações emergenciais de secas; dinamização da atividade agrícola e incorporação de novas áreas ao processo produtivo; diminuição do êxodo rural e da emigração da região; redução da exposição da população a doenças e óbitos; redução da pressão sobre a infraestrutura de saúde; dentre outros.

De acordo com o Ministério da Integração Nacional (2004), ao mesmo tempo em que garante o abastecimento no longo prazo de grandes centros urbanos da região (Fortaleza, Juazeiro do Norte, Crato, Mossoró, Campina Grande, Caruaru e João Pessoa) e de centenas de pequenas e médias cidades inseridas no Semiárido, o projeto beneficia áreas do interior do Nordeste com razoável potencial econômico, estratégicas no âmbito de uma política de desconcentração do desenvolvimento.

As obras do PISF foram iniciadas a partir da obtenção da Licença de Instalação nº 438/2007, emitida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, em 02 de abril de 2007.

A partir dessa data, diversas interferências começaram a ser executadas, tanto na faixa de domínio do canal (100 metros para cada lado do eixo executivo da obra), quanto na Área Diretamente Afetada – ADA (5 km para cada lado do eixo executivo da obra).

Muitas dessas interferências, mesmo com o conjunto de medidas previstas e adotadas no âmbito dos 38 programas ambientais previstos no Projeto Básico Ambiental – PBA do PISF, acabaram por provocar degradação ambiental em algumas áreas.

Reconhece-se, também, que outras áreas podem estar sendo degradadas por empreendimentos/ atividades que foram atraídos pelo Projeto, sendo essas interferências localizadas na ADA, na Área de Influência Direta – AID e na Área de influência Indireta – AII.

A AII compreende uma superfície da ordem de 152.000 km<sup>2</sup> das bacias exclusivamente receptoras, abrangendo porções territoriais dos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, e de 635.000 km<sup>2</sup> da bacia do rio São Francisco, envolvendo partes dos territórios dos estados de Alagoas, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco e Sergipe.

Já a AID compreende uma superfície da ordem de 66.500 km<sup>2</sup>, representando, portanto, um espaço com abrangência suficiente para a caracterização e análise prospectiva da dinâmica dos elementos ambientais sujeitos a interações diretas com o projeto. Esta ficou determinada, então, pela soma das áreas de 86 municípios dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco (adaptado de MI, 2004).

Diversos estudos e ações vêm sendo desenvolvidos para o gerenciamento das interferências das obras do PISF, inclusive no âmbito do PBA 09, Programa de Recuperação de Áreas Degradadas. Este Programa tem por objetivo principal proceder à recuperação das áreas degradadas em decorrência das obras de implantação dos canais e de outras estruturas, por meio da recomposição da paisagem original tanto quanto possível.

Nesse sentido, esse trabalho vem para complementar as ações e estudos elaborados no âmbito do PBA 09, e tem como principal objetivo avaliar a regeneração natural e a recuperação ambiental em áreas de depósitos de expurgos localizadas na ADA e na faixa de domínio do canal, no âmbito do PISF utilizando-se, dentre outras ferramentas, do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI (*Normalized Difference*

*Vegetation Index*) a partir de imagens multiespectrais da Série Landsat – Landsat 5 (sensor TM), Landsat 7 (sensor ETM+) e Landsat 8 (sensor OLI).

Índices de vegetação são modelos numéricos que visam indicar a densidade da vegetação através de razões e combinações das respostas espectrais. A utilização de “Índices de Vegetação” se deve a sua alta correlação com o índice de fitomassa verde, reduzida a uma só informação. A informação gerada está relacionada com a presença e distribuição da vegetação na área (FORESTI & HAMBURGER, 1997).

Embora muitos índices vegetativos existam, o mais usado e conhecido atualmente é o denominado índice de vegetação da diferença normalizada (IVDN ou NDVI) que é obtido através de uma operação aritmética entre a banda que mais reflete pela que menos reflete. Portanto, é um índice vegetativo, calculado como uma razão entre a refletividade medida nas regiões do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético, sendo essas duas bandas espectrais selecionadas em razão de serem mais afetadas pela absorção da clorofila pela folhagem da vegetação verde e consequentemente pela densidade dessa vegetação na superfície (COSTA FILHO et al., 2007).

O NDVI pode ser definido por:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R}$$

Onde:  $\rho_{NIR}$  – refletância no infravermelho próximo;

$\rho_R$  – refletância no vermelho.

Segundo Melo (2011), os valores referentes ao NDVI oscilam dentro de um intervalo que vai de -1 a +1, e quanto mais próximo de 1 maior é a densidade da cobertura vegetal analisada, ou seja, uma maior resposta do material sinteticamente ativo.

A vegetação tem refletância normalmente baixa na banda visível (VIS) e alta no infravermelho próximo (NIR). No primeiro caso é a clorofila que absorve a radiação solar para permitir a fotossíntese, enquanto que o tecido das

folhas tem baixa absorção no NIR. Já a cobertura vegetal com estresse hídrico tende a absorver menos radiação solar, aumentando sua refletância no espectro visível e a absorver mais no infravermelho próximo. A água tem refletância ( $\rho_R$ ) maior que ( $\rho_{NIR}$ ), portanto, valores negativos de NDVI. As nuvens refletem de forma semelhante no VIS e no NIR, assim espera-se que o valor do pixel seja em torno de zero. O solo nu e com vegetação rala apresenta valores positivos, mas não muito elevados. Vegetação densa, úmida e bem desenvolvida apresenta os maiores valores de NDVI (CPTEC, 2006 apud PEIXOTO FILHO, 2008).

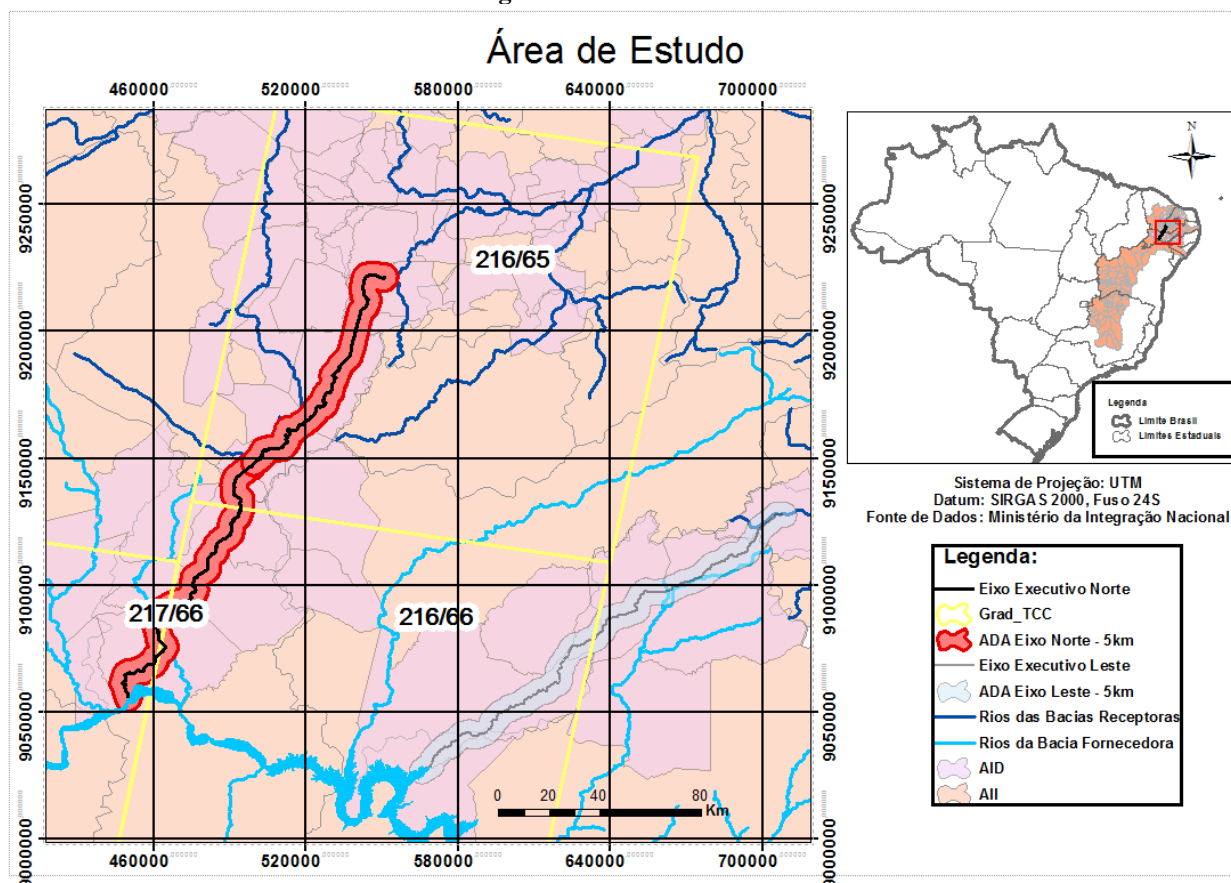
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo compreende a faixa de domínio do canal e a Área Diretamente Afetada – ADA pelas obras do PISF no Eixo Norte (figura 1), localizada em parte na Região Hidrográfica do São Francisco e em parte por bacias hidrográficas receptoras, situadas no Nordeste Setentrional.

Cabe destacar que o PISF possui, inicialmente, dois eixos executivos, Eixo Leste e Eixo Norte, e que no presente estudo realizou-se a avaliação somente da órbita/ponto 216/65, conforme também pode ser observado na figura 1.

Figura 1 – Área de Estudo



Com relação aos recursos hídricos, a bacia do rio São Francisco é definida como bacia fornecedora de recursos hídricos, e as bacias dos rios Jaguaribe (CE); bacias Metropolitanas (CE), indiretamente receptora, face à conexão com a do Jaguaribe por meio dos eixos de integração; Apodi (RN); Piranhas-Açu (RN); Piranhas (PB); Paraíba (PB); Brígida (PE); e Moxotó (PE), como receptoras desses recursos.

De acordo com o Estudo de Inserção Regional (MI, 2000), a rede hidrográfica no Nordeste Setentrional é acentuadamente deficitária, possuindo baixo potencial hidroenergético e, a imensa maioria, é constituída por cursos d'água intermitentes com rendimentos hídricos baixos.

O quadro climático regional é caracterizado não tanto pela falta de chuvas, mas por sua variabilidade extrema, além de altas taxas de evaporação proporcionadas por temperaturas elevadas (MI, 2004).

As médias de precipitação anual oscilam de pouco menos de 300 mm, na região dos Cariris Velhos na Paraíba, até pouco mais de 1000 mm, nas zonas limítrofes da Caatinga, com um padrão geral de diminuição deste entorno até o núcleo mais seco (REDDY, 1983 apud SFB, 2010).

Essas médias contrastam com as evapotranspirações potenciais, bem menos variáveis que as chuvas, situando-se, em geral, entre 1500 mm e 2000 mm anuais, e que, conjugadas, caracterizam as deficiências hídricas definidoras da semiaridez climática (relação precipitação/evapotranspiração potencial < 0,65). Às médias baixas há que se acrescentarem os coeficientes de variação altos, muitas vezes ultrapassando os 30%, e que podem ser até mais condicionantes à adaptação da vegetação do que as médias de décadas. O regime de chuvas tem como características, ainda, precipitações intensas, muitas vezes ultrapassando 100 mm em um único dia, e sazonalidade irregular, com a época de chuvas podendo iniciar-se em meses distintos, prolongar-se por períodos incertos e encerrar-se, também, em meses diferentes de um ano para outro (SFB, 2010).

O regime de precipitação no Semiárido Nordeste pode ser caracterizado em anos não-anômalos por dois períodos bem definidos: um chuvoso no verão e outro seco no inverno, formando uma oscilação unimodal, sendo os meses mais chuvosos os de novembro, dezembro e janeiro; os mais secos os de junho, julho e agosto, tendo seu período de precipitação iniciado em

setembro, atingindo o seu máximo em dezembro e, praticamente, terminando no mês de maio (MI, 2004).

De acordo com o Ministério da Agricultura (1972), para o ambiente semiárido nordestino, representado do menor ao maior grau de aridez, a vegetação é assim classificada: Floresta Subcaducifólia, Floresta Caducifólia, Caatinga Hipoxerófila e Caatinga Hiperxerófila.

No que se refere a dados socioeconômicos, grande parte de sua população é considerada pobre, vivendo em condições agudas de vulnerabilidade socioeconômica, com padrões de saúde, nutrição, educação, trabalho e condições habitacionais precárias. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) ainda se encontra em níveis baixos para grande parte dos municípios. A baixa pluviosidade é característica marcante desta região, com secas periódicas, o que aumenta, em muito, os problemas sociais e econômicos de sua população. Os períodos de seca prolongada geram a desocupação da mão de obra entre as famílias de pequenos agricultores e o desemprego. As

interrupções na produção agropecuária colocam em risco as vidas dos agricultores familiares, de seus rebanhos e de suas reservas de alimentos e sementes, provocando, ainda, por vezes, o abandono da terra e a migração, que nos dias atuais tem sido mais interna ao próprio espaço nordestino (MI, 2016).

## 2.2. Avaliação da Dinâmica da Regeneração Natural e da Recuperação de Áreas Degradadas

No presente trabalho foram utilizadas imagens multiespectrais dos satélites Landsat 5 (TM), Landsat 7 (sensor ETM+) e Landsat 8 (Sensor OLI), órbita/Ponto e datas de aquisição apresentadas na tabela 1. Como foi realizada análise multitemporal, se faz importante destacar o período de operação de cada sensor, bem como algumas características básicas, conforme apresentado na tabela 2.

**Tabela 1 – Descrição das Imagens Utilizadas**

Órbita/Ponto	Data Aquisição	Produto	Período e Ano/Imagem de Referência Gap Fill (IRGF)
216/65	03/08/2016	LC82160652016216LGN00	Seco 2016
216/65	07/12/2015	LC82160652015341LGN00	Chuvoso 2015
216/65	16/08/2016	LE72160652012229CUB00	IRGP
216/65	13/06/2012	LE72160652012165EDC00	Seco 2012
216/65	05/01/2012	LE72160652012005EDC00	Chuvoso 2012
216/65	22/09/2008	LE72160652008266EDC00	IRGP
216/65	27/08/2007	LT52160652007239	Seco 2007
216/65	1/11/2008	LT52160652008306CUB00	Chuvoso 2008
216/65	15/11/2013	LC82160652013319GN00	Chuvoso 2013
216/65	24/06/2013	LC82160652013175GN00	Seco 2013

**Tabela 2 – Dados dos Sensores TM, ETM+ e OLI**

Sensor	TM	ETM+	OLI
Lançamento	Mar. de 1984	Abr. de 1999	Fev. de 2013
Status	Até Nov. de 2011	Operação, mas com falhas	Em operação
Resol. Espacial (m)	30 – Multi	30 – Multi 15– Pan	30 – Multi 15– Pan
Resol. Radiométrica (bits)	8	8	16
Nº de Bandas	7	8	11
Bandas NDVI	B3/B4	B3/B4	B4/B5

Obs.: Informações retiradas dos sites do INPE e USGS.



As imagens TM, ETM+ e OLI foram obtidas junto ao catálogo de imagens da USGS acessada por meio de seu website “*Earth Explore*”, obtidas no endereço eletrônico <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

As imagens não sofreram tratamento (pré-processamento) não sendo realizados processamentos para correção atmosférica e radiométrica, pois se utilizou de imagens de reflectância “*Surface Reflectance*”.

Uma definição metodológica importante é que, a partir desse estudo, não se fez distinção de áreas que foram recuperadas, de áreas que sofreram regeneração natural, sendo avaliadas, estes dois processos de forma conjunta.

Para se avaliar a regeneração/recuperação dessas áreas, optou-se por comparar dois cenários diferentes:

✓ **Cenário 1 – áreas que foram degradadas pelas obras do PISF e que estão em processo de regeneração natural/ recuperação.** São áreas que receberam Autorização de Supressão Vegetal – ASV, áreas localizadas dentro na faixa de domínio do canal (100 metros para cada lado do Eixo Executivo da Obra – EEO). Nesta área, normalmente, se localizam os bota-foras do PISF. Este cenário tem por finalidade avaliar o comportamento na faixa de domínio do canal.

✓ **Cenário 2 – áreas que foram degradadas por outras interferências/ atividades e que estão em processo de regeneração natural/ recuperação.** Parte dessas áreas foram degradadas pelo PISF, destacando-se que nesta área encontra-se a maior parte das áreas de empréstimos (jazidas). Nesta área também estão inseridas as Vilas Produtivas Rurais – VPR e áreas de Reservatórios. Contudo, grande parte destas áreas não foram degradadas pelo PISF, porém, diversas atividades/ interferências presentes nessa área podem ter sido atraídas pelo Projeto. Esta é delimitada pela ADA (5 km para cada lado do Eixo). Este cenário tem por finalidade avaliar o comportamento regional.

Outra decisão metodológica adotada foi a avaliação em três fases distintas: início, fase intermediária e fase atual da obra, sendo:

- ✓ **Fase Inicial:** 2007/ 2008;
- ✓ **Fase Intermediária:** 2011/2012;
- ✓ **Fase atual:** 2015/ 2016.

Na fase inicial considerou-se o início da obra, autorizada por licença de instalação emitida março de 2007. Essa foi marcada pela implantação dos primeiros canteiros de obras e com a supressão de algumas poucas áreas. A fase intermediária é

marcada por um período intermediário da obra, não tomando como referência a execução física ou financeira da mesma, considerando-se, assim, apenas o lapso temporal. Nesta fase e na seguinte considera-se que há concentração da maioria das áreas degradadas. Definiu-se como fase atual o período avaliado a partir do final de 2015 até período mais seco de 2016, tendo em vista que mais de 80% da obra fora concluída até esse período.

Decidiu-se avaliar as imagens considerando dois períodos climáticos bem definidos, período mais seco e mais chuvoso:

✓ **Meses mais chuvosos:** novembro, dezembro e janeiro;

✓ **Meses mais secos:** junho, julho e agosto.

Trabalhar com dois períodos é uma estratégia importante para avaliar o comportamento da vegetação considerando um período de escassez (onde os rios, em sua maioria se tornam intermitentes, o lençol freático sofre forte depleção) e um período com disponibilidade de água (onde boa parte dos rios se perenizam, alimentando reservatórios; e muitas espécies vegetais encontram condições ideais para germinação e plantulação).

De acordo com USGS (2016), a avaria ocorrida no Scan Line Corrector (SLC) fez com que as imagens Landsat 7 ETM+, recolhidas a partir de Maio de 2003, apresentem falhas, perdendo cerca de 22% da informação. Para as imagens do período de 2011 e 2012, devido ao fato de possuírem essas falhas, conhecidas como *striping*, ou seja, conjunto sistemático de linhas ruidosas, utilizou-se um algoritmo do Envi 5.1® denominado “*landsat\_gapfill*” para corrigir os erros presentes.

Na determinação das áreas que sofreram regeneração natural ou recuperação aplicou-se o índice de vegetação NDVI a partir do software Envi 5.1®. Uma questão importante, tendo em vista a cobertura de nuvens que pode estar presente em maior ou menor concentração nas imagens e que interfere diretamente na utilização no NDVI, foi a definição de um critério de concentração de nuvens, considerando a área total da imagem. Os critérios adotados no presente estudo foram:

✓ **Baixa concentração de nuvens:** até 20%;

✓ **Média Concentração de nuvens:** de 20 até 50%;

✓ **Alta concentração de nuvens:** acima de 50%.

Por meio do índice de vegetação, foi possível, a partir do fatiamento, individualizar as seguintes classes: solo exposto, cobertura vegetal mais densa, cobertura vegetal menos densa, e corpos hídricos.

Para definir limiares dos valores digitais de cada classe realizou-se uma comparação dos alvos observados por meio das imagens obtidas pelo NDVI com os alvos observados a partir das imagens obtidas a partir do software Google Earth®. Este passo foi fundamental para melhor definir a feição identificada para a delimitação dos limiares.

Efetuiu-se o fatiamento para definir as classes utilizando a ferramenta “*raster color slices*” do software Envi 5.1®. Contudo, antes de realizar essa etapa, no intuito de reduzir o tempo de processamento, delimitou-se a área necessária a sofrer o processamento, criando-se e aplicando uma máscara (ferramenta “*mask*”) com a forma da área da ADA.

Já em ambiente SIG, o próximo passo foi extrair da ADA a área referente ao Cenário 1, ou seja, a faixa de domínio do canal. Para tal se utilizou a operação lógica de superposição “*Erase*” do programa ArcGis 10.1®. Após definidas as duas áreas ADA e faixa de domínio do canal, calculou-se as áreas de cada classe em hectares (ha), utilizando o comando “*Calculate Geometry*” também do software ArcGis 10.1®.

Depois exportou-se os resultados das tabelas de atributos para o software Excel®, realizando as análises estatísticas necessárias.

Após o processamento dos dados por meio de sensoriamento remoto e geração de um banco de dados em ambiente SIG, utilizou-se de informações de campo, também traduzidas para o ambiente SIG, para avaliar a regeneração/recuperação ambiental na ADA e na faixa de domínio do canal.

Para avaliar a dinâmica da regeneração natural e recuperação de áreas degradadas ao longo da ADA e faixa de domínio do canal há diversas possibilidades, dentre elas: a) avaliar a dinâmica em áreas de corte e queima, muito presentes na região; b) avaliar a dinâmica em áreas de Algarobal; c) avaliar a dinâmica nas VPRs; d) avaliar a dinâmica em áreas de depósitos de expurgos.

Neste trabalho, utilizou-se como dado de campo para avaliar a regeneração natural e a recuperação de áreas degradadas as áreas de depósitos de expurgos ao longo da ADA e faixa de

domínio do canal. Para tanto, foi utilizada base de dado, no formato shaplife (.shp), do Ministério da Integração Nacional.

Os depósitos de expurgos se refere ao aproveitamento do solo orgânico retirado das áreas para processos construtivos bem como das “galhadas” associadas decorrentes da supressão vegetal. Estes são essenciais para promoção inicial das recuperações em áreas degradadas, especialmente na Caatinga.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente estudo optou-se por utilizar as imagens da série Landsat. Apesar dos problemas identificados, adotou-se um conjunto de medidas para equacioná-los, conforme pode ser observado na tabela 3.

Com relação à fase intermediária, procurou-se utilizar as imagens do Sensor OLI do ano de 2013 (período seco e chuvoso). Esse procedimento foi adotado pois as imagens dos anos de 2011 e 2012 do satélite ETM+ necessitariam de correção por filtro e as imagens de 2011 do satélite TM estavam com altas concentrações de nuvens.

Ressalta-se que a opção por não utilizar as imagens ETM+ para avaliar o período intermediário, ocorreu em razão da correção por meio do Gap Fill que não se mostrar eficaz após análise visual das imagens (figura 2), apesar de que em algumas áreas, os erros ficaram praticamente imperceptíveis. Foram utilizadas diversas imagens com datas de passagens anteriores para testar a eficácia da utilização do algoritmo, no entanto, conforme pode ser observado na figura 2, parte dos erros persistiu na imagem, após a aplicação do algoritmo.

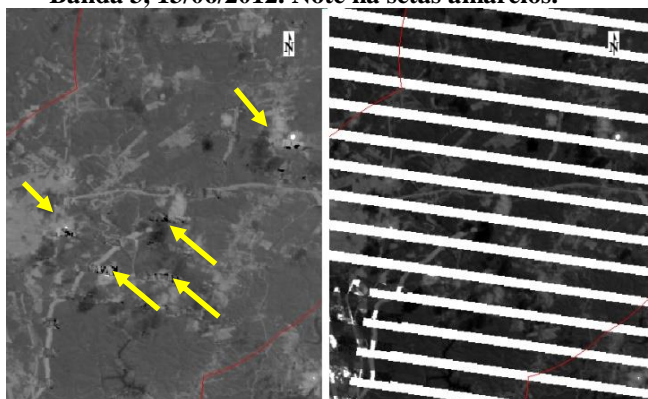
Antes de determinar o NDVI das imagens, percebeu-se que próximo ao eixo executivo do canal, na imagem do período chuvoso de 2013 havia a concentração de nuvens. Para não prejudicar o processamento do NDVI e as fases subsequentes, extraiu-se as áreas cobertas com nuvens aplicando uma máscara (ferramenta “*mask*”) a partir da definição de Áreas de Interesses (AOIs) (figura 3).

**Tabela 3 – Principais Problemas da Série Landsat**

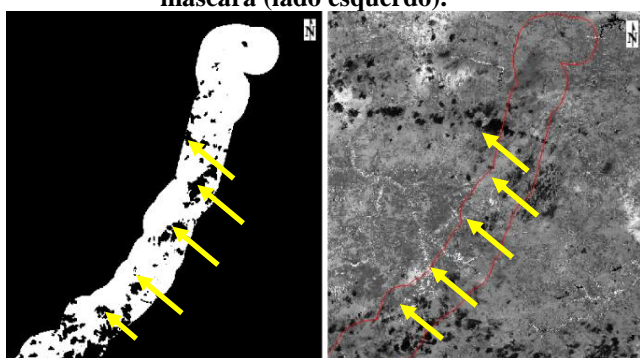
Sensor	Período	Ano	Problemas
TM	Seco	2007	a) Erros nas bordas das imagens. b) Caso optasse por trabalhar com todas as órbitas/pontos seria necessário aplicar algum tipo de filtro.
TM	Chuv.	2008	a) Não foram encontrados problemas.
ETM+	Seco	2008	a) Alta concentração de ruídos do tipo <i>striping</i> *. Correção com Gapfill ficou parcialmente satisfatória em termos de visualização.
ETM+	Chuv.	2007	a) Alta concentração de ruídos do tipo <i>striping</i> *. Correção com Gapfill ficou parcialmente satisfatória em termos de visualização.
TM	Seco	2011	a) Apesar da baixa concentração de nuvens distribuídas pela imagem, há alta concentração de nuvens próximas à área estudada. b) Optou-se por utilizar imagens do sensor OLI do ano de 2013.
TM	Chuv.	2011	a) Não foram processadas, devido ao fato das imagens de 2011 período seco ter apresentado os problemas acima descritos. b) Optou-se por utilizar imagens do sensor OLI do ano de 2013.
ETM+	Seco	2012	a) Alta concentração de ruídos do tipo <i>striping</i> *. Correção com Gapfill ficou ruim. b) Apesar da baixa concentração de nuvens ao longo da imagem, há alta concentração de nuvens próximas à área estudada. c) Optou-se por utilizar imagens do sensor OLI do ano de 2013.
ETM+	Chuv.	2012	a) Alta concentração de ruídos do tipo <i>striping</i> *. Correção com Gapfill ficou visualmente ruim. b) Média concentração de nuvens ao longo da imagem. c) Optou-se por utilizar imagens do sensor OLI do ano de 2013.
OLI	Seco	2013	a) Não foram encontrados problemas.
OLI	Chuv.	2013	a) Nuvens concentradas ao longo do canal.
OLI	Seco	2016	a) Não foram encontrados problemas.
OLI	Chuv.	2015	a) Não foram encontrados problemas.

\**Striping* - conjunto sistemático de linhas ruidosas na imagem.

**Figura 2 – Correção com Gap Fill. ETM+, 216/66, Banda 3, 13/06/2012. Note na setas amarelos.**

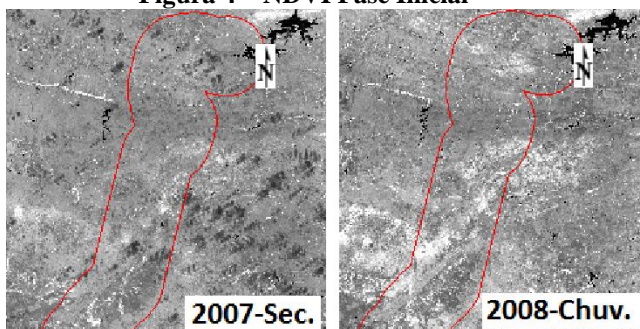


**Figura 3 – Concentração de nuvens ao longo do eixo executivo do PISF (lado direito) e criação de máscara (lado esquerdo).**

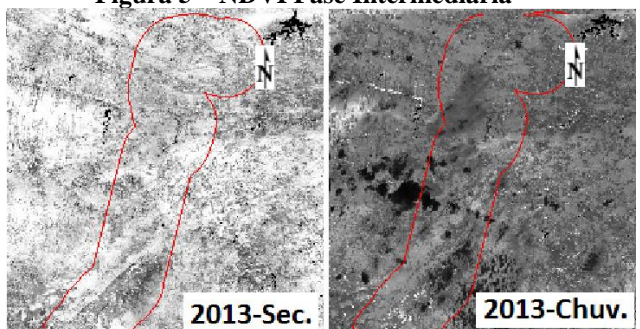


Abaixo são apresentados os resultados dos NDVI para cada fase e período (figuras 4, 5 e 6).

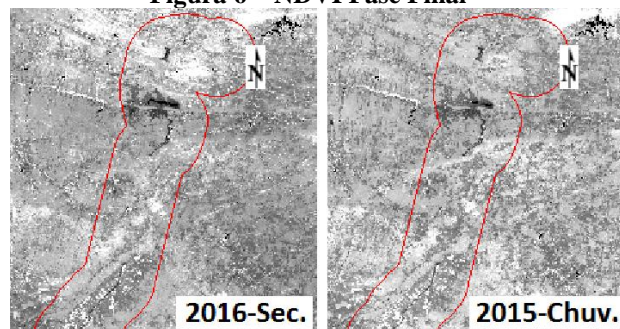
**Figura 4 – NDVI Fase Inicial**



**Figura 5 – NDVI Fase Intermediária**



**Figura 6 – NDVI Fase Final**



A partir da análise da tabela 4 é possível observar que os valores de NDVI para o ano de 2013 período seco foram superiores às demais fases e períodos. Ao avaliar os alvos para se determinar o fatiamento das classes, também se percebeu que os valores dos números digitais dessa imagem foram muito superiores aos das demais classes, conforme pode ser observado na referida tabela. Nesse sentido, para esse estudo, descartou os valores de NDVI 2013, período seco da avaliação.

Na tabela 4 podem ser observados os valores digitais de cada alvo escolhido para determinar o fatiamento de cada classe.

Conforme exposto na metodologia para definir o valor digital de cada alvo apresentado na tabela 4, utilizou-se das imagens do Google Earth, conforme pode ser observado na figura 7 para definir limiares dos valores digitais.

Na tabela 5 são apresentados os intervalos do fatiamento para cada uma das 4 (quatro) classes de cobertura do solo, considerando as 3 fases e seus respectivos períodos.

**Figura 7 – Alvos Vegetação Menos Densa (mais à esquerda/acima) e Vegetação Mais Densa (mais à direita/abaixo)**



Fonte: Google Earth. Coordenadas na Proximidade: 7°50'39.49"S e 39° 3'35.11"O

**Tabela 4 – Classes e Valores Digitais dos Alvos Escolhidos.**

			Vegetação (+) Densa		Vegetação (-) Densa		Solo Exposto		Corpos Hídricos	
Id	Ano	Período	Valor Digital	Descrição	Valor Digital	Descrição	Valor Digital	Descrição	Valor Digital	Descrição
1	2016	Seco	+0.652708	Plantio	+0.295799	Área Desmata/ regeneração	0.070902	Canal	-0.355164	--
2	2016	Seco	+0.450162	--	+0.222718	Vegetação (-) Densa 2	0.278921	Estrada de Chão (Confunde V-D)	+0.102962	--
3	2016	Seco	+0.369007	Vegetação + Densa 3	+0.152766	Próx. APP Rio	0.117401	VPR		
4	2016	Seco	+0.386848	Vegetação + Densa 4	+0.228681	Vegetação (-) Densa 3	0.189567	Jati Centro (mix de alvos)		
5	2016	Seco	+0.564395	APP Rio			0.107735	Barragem Písf		
6	2016	Seco	+0.399809	Vegetação + Densa 5						
1	2015	Chuvoso	+0.599650	Plantio	+0.209414	Área Desmata/ regeneração	0.063456	Canal	-0.419735	--
2	2015	Chuvoso	+0.422109	--	+0.148800	Vegetação (-) Densa 2		Estrada de Chão (Confunde V-D)	+0.001202	--
3	2015	Chuvoso	+0.341686	Vegetação + Densa 3	+0.319074	Próx. APP Rio	0.171790	VPR		
4	2015	Chuvoso	+0.305233	Vegetação + Densa 4	+0.187366	Vegetação (-) Densa 3	0.204247	Jati Centro (mix de alvos)		
5	2015	Chuvoso	+0.789976	APP Rio			0.107493	Barragem Písf		
6	2015	Chuvoso	+0.356742	Vegetação + Densa 5						
1	2013	Seco	+0.793465	Plantio	+0.558659	Área Desmata/ regeneração	0.161504	Canal	-0.337931	--
2	2013	Seco	+0.789124	--	+0.272813	Vegetação (-) Densa 2	0.423578	Estrada de Chão (Confunde V-D)	+0.007293	--
3	2013	Seco	+0.875906	Vegetação + Densa 3	+0.226922	Próx. APP Rio	0.161600	VPR		
4	2013	Seco	+0.504708	Vegetação + Densa 4	+0.325041	Vegetação (-) Densa 3	0.238201	Jati Centro (mix de alvos)		
5	2013	Seco	+0.801223	APP Rio			0.119324	Barragem Písf		
6	2013	Seco	+0.516077	Vegetação + Densa 5						
1	2013	Chuvoso	+0.603425	Plantio	+0.225739	Área Desmata/ regeneração	0.106262	Canal	-0.191810	--
2	2013	Chuvoso	+0.384036	--	+0.116008	Vegetação (-) Densa 2	0.222936	Estrada de Chão (Confunde V-D)	+0.034653	--
3	2013	Chuvoso	+0.364652	Vegetação + Densa 3	+0.107658	Próx. APP Rio	0.149877	VPR		
4	2013	Chuvoso	+0.301893	Vegetação + Densa 4	+0.200512	Vegetação (-) Densa 3	0.179689	Jati Centro (mix de alvos)		
5	2013	Chuvoso	+0.590056	APP Rio			0.105821	Barragem Písf		
6	2013	Chuvoso	+0.397440	Vegetação + Densa 5						
1	2007	Seco	+0.466781	Plantio	+0.278472	Área Desmata/ regeneração	--	Não Havia Canal	-0.129032	--
2	2007	Seco	+0.340748	--	+0.213308	Vegetação (-) Densa 2	0.240788	Estrada de Chão (Confunde V-D)	+0.001481	--
3	2007	Seco	+0.301214	Vegetação + Densa 3	+0.229926	Próx. APP Rio	--	Não Tinha VPR		
4	2007	Seco	+0.296703	Vegetação + Densa 4	+0.22818	Vegetação (-) Densa 3	0.230317	Jati Centro (mix de alvos)		
5	2007	Seco	+0.453444	APP Rio			--	Não Havia Barragem Písf		
6	2007	Seco	+0.319266	Vegetação + Densa 5						
1	2008	Chuvoso	+0.516602	Plantio	+0.210789	Área Desmata/ regeneração	--	Não Havia Canal	-0.121495	--
2	2008	Chuvoso	+0.434569	--	+0.155349	Vegetação (-) Densa 2	0.209728	Estrada de Chão (Confunde V-D)	+0.060932	--
3	2008	Chuvoso	+0.349295	Vegetação + Densa 3	+0.196449	Próx. APP Rio	--	Não Tinha VPR		
4	2008	Chuvoso	+0.310204	Vegetação + Densa 4	+0.213896	Vegetação (-) Densa 3	0.206681	Jati Centro (mix de alvos)		
5	2008	Chuvoso	+0.754433	APP Rio			--	Não Havia Barragem Písf		
6	2008	Chuvoso	+0.437850	Vegetação + Densa 5						



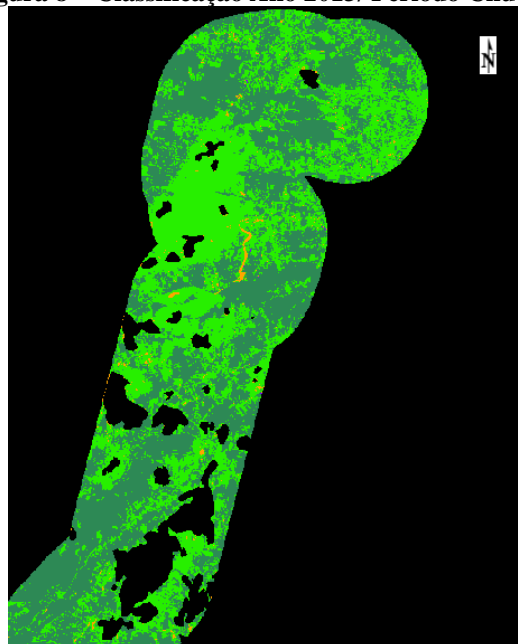
**Tabela 5 – Faixa de Valores Utilizados nos Fatiamentos**

			Intervalo		Valores Usados no Fatiamento		
Classe	Período	Ano	Valor Inferior	Valor Superior	Classe	Valor Inferior	Valor Superior
Vegetação + Densa	Seco	2016	0.369007	0.652708	Vegetação (+) Densa	0.360000	2
	Chuvoso	2015	0.305233	0.599650	Vegetação (+) Densa	0.300000	1
Vegetação - Densa	Seco	2016	0.152766	0.295799	Vegetação - Densa	0.230000	0.359999
	Chuvoso	2015	0.148800	0.319074	Vegetação - Densa	0.200000	0.299999
Solo Exposto	Seco	2016	0.070902	0.278921	Solo Exposto	0.000010	0.229999
	Chuvoso	2015	0.0633456	0.204247	Solo Exposto	0.000010	0.199999
Corpos Hídricos	Seco	2016	-0.355164	0.102962	Corpos Hídricos		0.000009
	Chuvoso	2015	-0.419735	0.001202	Corpos Hídricos		0.000009
Vegetação + Densa	Seco	2013	0.504708	0.875906	Vegetação (+) Densa	0.700000	2
	Chuvoso	2013	0.301893	0.603425	Vegetação (+) Densa	0.300000	2
Vegetação - Densa	Seco	2013	0.226922	0.558659	Vegetação - Densa	0.250000	0.699999
	Chuvoso	2013	0.107658	0.225739	Vegetação - Densa	0.180000	0.299999
Solo Exposto	Seco	2013	0.119324	0.423578	Solo Exposto	0.000010	0.249999
	Chuvoso	2013	0.105821	0.222936	Solo Exposto	0.000010	0.179999
Corpos Hídricos	Seco	2013	-0.337931	0.007293	Corpos Hídricos	-2	0.000009
	Chuvoso	2013	-0.191810	0.034653	Corpos Hídricos	-2	0,000009
Vegetação + Densa	Seco	2007	0.296703	0.466781	Vegetação (+) Densa	0.270000	
	Chuvoso	2008	0.310204	0.516602	Vegetação (+) Densa	0.360000	
Vegetação - Densa	Seco	2007	0.213308	0.278472	Vegetação - Densa	0.210000	0.269999
	Chuvoso	2008	0.155349	0.213896	Vegetação - Densa	0.210000	0.359999
Solo Exposto	Seco	2007	0.230317	0.240788	Solo Exposto	0.100000	0.209999
	Chuvoso	2008	0.206681	0.209728	Solo Exposto	0.080000	0.209999
Corpos Hídricos	Seco	2007	-0.129032	0.001481	Corpos Hídricos	-2	0.099999
	Chuvoso	2008	-0.121495	0.060932	Corpos Hídricos	-2	0.079999

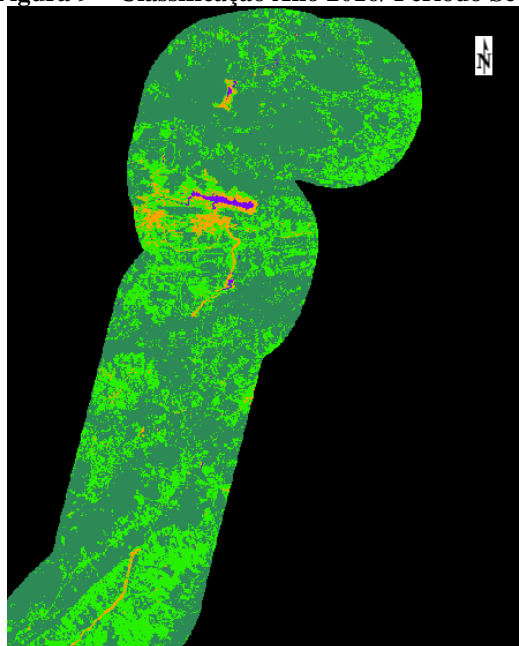
Nas figuras 8 e 9 são apresentados os resultados da classificação para os anos de 2013/chuvoso e 2016/seco. Ficaram evidenciadas as interferências provocadas pelas obras do PISF por meio da classe de solo exposto (em laranja) e algumas outras interferências antrópicas ao longo da ADA. No que se refere às obras do PISF, ficaram claramente definidas as obras dos canais e

desmatamento/escavação de reservatórios. Os corpos d'água (em cor roxa) também ficaram bem definidos. Pode-se comprovar, após verificação visual por meio das imagens do Google Earth, que as duas outras classes, vegetação menos densa (em verde claro) e vegetação mais densa (em verde escuro), também apresentaram bons resultados.

**Figura 8 – Classificação Ano 2013/ Período Chuvoso**



**Figura 9 – Classificação Ano 2016/ Período Seco**



Na tabela 6 são apresentadas as áreas de cada classe de cobertura do solo, após ser realizado o fatiamento, (1 – corpos hídricos, 2 – solo exposto, 3 – vegetação menos densa, 4 – vegetação mais densa) para cada período estudado e para os dois cenários considerados ADA e faixa de domínio do canal.

Após analisar os resultados da tabela 6, constatou-se que nos anos 2008 (chuvoso) e 2007 (seco) a variação na classe solo exposto entre a ADA e faixa de domínio do canal (100m de cada lado do eixo executivo do canal) foi muito baixa, aproximadamente 25,24% (2008) e 23,58 (2007). Já para os anos 2013 (chuvoso e seco), 2015 (chuvoso) e 2016 (seco), essa variação foi de, respectivamente: 250,26%, 499,48%, 291,19% e 316,44%. Havendo redução, principalmente, da vegetação mais densa para o mesmo período, sendo, respectivamente: -33,18 %, -48,95%, -44,41%, -46,22%.

O estudo permite observar que a redução da vegetação menos densa foi sempre inferior à redução da vegetação mais densa. Para essa questão, pode-se levantar algumas hipóteses. Uma delas é que concomitante ao desmatamento ocorrido nas áreas com Autorização de Supressão de Vegetação - ASV, algumas áreas passaram a se regenerar naturalmente.

Outra hipótese é que outras áreas sofreram alguma intervenção para sua recuperação. Essa questão pode ser explicada pela sucessão ecológica que ocorre na região da caatinga, onde há dominância de espécies herbáceas nas fases iniciais do processo sucessional.

Outra possível resposta seria o fato de que há intensa remoção de vegetação mais densa ao longo da faixa de domínio do canal e reservatórios já existentes, tendo em vista que este tipo de atividade busca aproveitar ao máximo a declividade e passar por corpos d'água existentes, logo necessitando fazer intervenções também em zonas ripárias, áreas onde há, via de regra, maior concentração da vegetação mais densa.

Conforme já explicitado, no ano de 2013 (chuvoso) houve um incremento de solo exposto e uma redução da vegetação mais densa, quando comparamos a ADA com a faixa de obra. Contudo, a redução da vegetação menos densa foi pouco expressiva. Já em 2015 (chuvoso) e 2016 (seco), houve redução expressiva tanto da vegetação mais densa, quanto da vegetação menos densa. Junto a essa observação, se faz importante ressaltar que, tanto para a ADA quanto para a faixa de domínio do canal, houve redução significativa dos corpos hídricos na região. Essa redução pode influenciar a redução da cobertura vegetal ao longo desses corpos hídricos. O fato de ter havido redução significativa dos corpos hídricos pode estar relacionado a um período mais crítico de estiagem, o que influencia diretamente na redução da vegetação, principalmente a menos densa.

Uma questão a ser destacada é que na classe de vegetação menos densa estão presentes as coberturas com herbáceas e/ou espécies arbustivas, podendo conter áreas degradadas ou em estágio inicial de recuperação, com presença de vegetação herbáceo-arbustiva esparsa com áreas de solo exposto. Nestas podem ocorrer tanto espécies nativas como exóticas. Já na classe de vegetação

mais densa estão inseridos, inclusive, os Algarobais, áreas com dominância de Algarobas – Prosopis spp, espécie exótica muito agressiva. Essas áreas, para efeito de regeneração e recuperação, se o objetivo for retornar o maior próximo da vegetação de origem, são consideradas degradadas.

Para melhor avaliar os dados produzidos neste trabalho, utilizou-se, conforme definido na metodologia, dados de campo (áreas de depósitos de expurgos).

**Tabela 6 – Comparativo entre as Áreas de Cobertura de Solo: ADA X Faixa de Domínio do Canal.**

ADA				Faixa de Domínio do Canal - 100m				
2008 Chuvoso				2008 Chuvoso				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-2 to 0.079999	840,79	0,59	1	-2 to 0.079999	144,89	4,59	677,68
2	0.08 to 0.209999	9.287,65	6,52	2	0.08 to 0.209999	257,75	8,17	25,24
3	0.21 to 0.359999	107.658,47	75,62	3	0.21 to 0.359999	2.139,55	67,82	-10,31
4	0.36 to 2	24.578,26	17,26	4	0.36 to 2	612,38	19,41	12,44
Total		142.365,18	100	Total		3.154,56	100	
2007 Seco				2007 Seco				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-2 to 0.099999	711,94	0,53	1	-2 to 0.099999	124,88	4,16	692,42
2	0.1 to 0.209999	6.731,71	4,97	2	0.1 to 0.209999	184,16	6,14	23,58
3	0.21 to 0.269999	40.269,61	29,72	3	0.21 to 0.269999	869,75	29,00	-2,43
4	0.27 to 2	87.783,83	64,79	4	0.27 to 2	1.820,62	60,70	-6,31
Total		135.497,08	100	Total		2.999,42	100	
2013 Chuvoso				2013 Chuvoso				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-2 to 0.000009	32,85	0,03	1	-2 to 0.000009	3,96	0,15	455,62
2	0.00001 to 0.179999	8.872,93	7,12	2	0.00001 to 0.179999	673,91	24,94	250,27
3	0.18 to 0.299999	63.503,93	50,96	3	0.18 to 0.299999	1.267,90	46,93	-7,92
4	0.3 to 2	52.196,58	41,89	4	0.3 to 2	756,18	27,99	-33,19
Total		124.606,29	100	Total		2.701,95	100	
2013 Seco				2013 Seco				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-2 to 0.000009	174,10	0,13	1	-2 to 0.000009	74,39	2,47	1829,04
2	0.00001 to 0.249999	4.563,43	3,35	2	0.00001 to 0.249999	605,99	20,09	499,48
3	0.25 to 0.699999	84.358,55	61,96	3	0.25 to 0.699999	1.803,31	59,80	-3,50
4	0.7 to 2	47.043,82	34,56	4	0.7 to 2	531,98	17,64	-48,95
Total		136.139,90	100	Total		3.015,67	100	
2015 Chuvoso				2015 Chuvoso				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-10 to 0.000009	103,71	0,07	1	-10 to 0.000009	29,75	0,93	1192,33
2	0.00001 to 0.199999	17.686,70	12,30	2	0.00001 to 0.199999	1.535,69	48,13	291,19
3	0.2 to 0.299999	59.398,44	41,32	3	0.2 to 0.299999	803,91	25,20	-39,02
4	0.3 to 299	66.552,56	46,30	4	0.3 to 299	821,08	25,74	-44,42
Total		143.741,41	100	Total		3.190,43	100	
2016 Seco				2016 Seco				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-10 to 0.000009	226,39	0,16	1	-10 to 0.000009	48,74	1,53	869,72
2	0.00001 to 0.229999	17.328,63	12,07	2	0.00001 to 0.229999	1.602,14	50,26	316,44
3	0.23 to 0.359999	57.439,50	40,00	3	0.23 to 0.359999	718,03	22,52	-43,69
4	0.36 to 10	68.594,70	47,77	4	0.36 to 10	818,99	25,69	-46,22
Total		143.589,22	100	Total		3.187,90	100	

Nas figuras 10 e 11 são apresentados um trecho da ADA onde ocorreu depósitos de expurgos. Nestas áreas são apresentadas as coberturas de solo observadas no ano de 2016, período seco; e no ano de 2015, período chuvoso. Como esses expurgos foram depositados conforme o avanço da obra e anterior aos períodos avaliados, pode-se dizer que houve baixa regeneração/

recuperação nessas áreas nesses dois períodos, onde predominam, ainda, solos expostos. O mesmo pode ser observado para o ano de 2013.

Os anos de 2007/2008 são considerados como referência para avaliar a degradação e a dinâmica da regeneração/ recuperação, tendo em vista a não existência de interferências por parte do

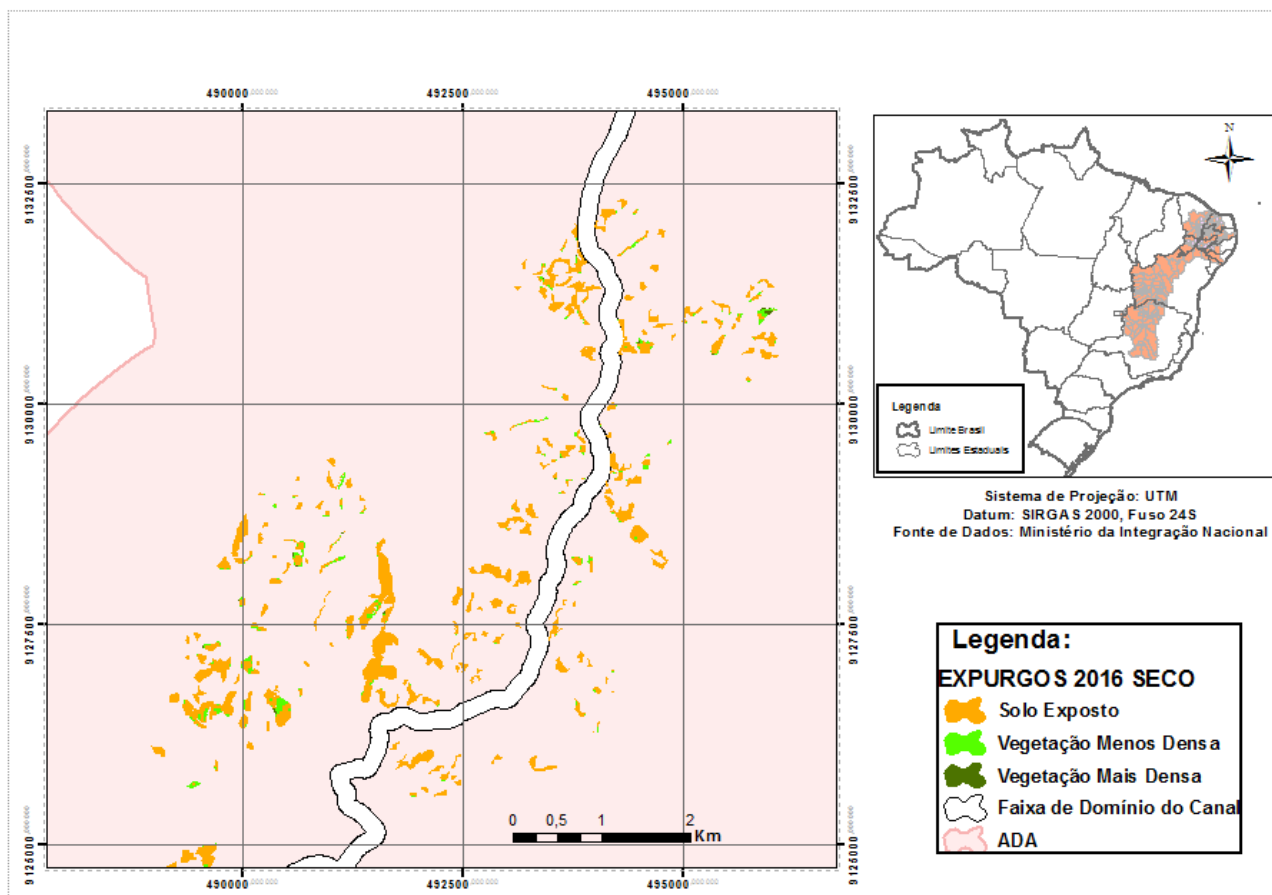


PISF e, conseqüentemente, de depósitos de expurgos.

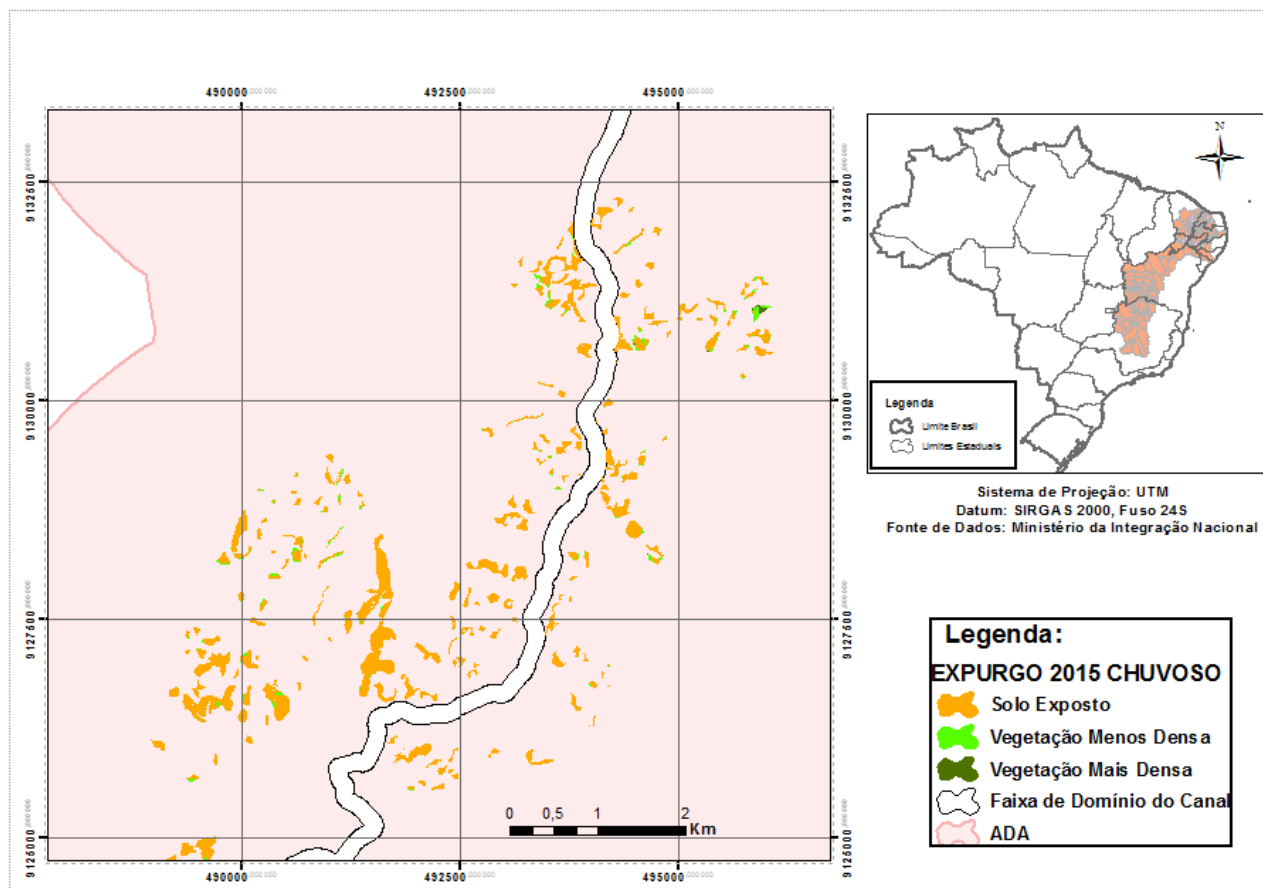
Ao analisar os resultados obtidos a partir da tabela 7, comparando as coberturas de solo da ADA com as da faixa de domínio do canal, pode-se observar que em 2008, período onde ainda não havia iniciado as obras do PISF, que o solo exposto era significativamente maior na ADA (19,41%) do que na faixa de domínio (8,91%). Para a vegetação menos densa praticamente não observou-se variação e para a vegetação mais densa, observou-

se que esta era significativamente maior na faixa de domínio (12,34%), do que na ADA (3,18%). Ressalta-se que em 2007 o comportamento foi semelhante.

**Figura 10 – Classes de Cobertura em Áreas de Depósito de Expurgo – 2016 Seco**



**Figura 11 – Classes de Cobertura em Áreas de Depósito de Expurgo – 2015 Chuvoso**



Com o início e avanço das obras, avaliando a fase intermediária (período de 2013 chuvoso) observa-se que neste período, quando comparado com o de referência, houve um incremento de solo exposto, tanto na ADA (49,28%), quanto para a faixa de domínio (54,90%). Cabe destacar que já se observava depósitos de expurgos anterior ao período de 2013. Também houve um incremento significativo de solo exposto entre as fases do ano 2013 e anos de 2015/2016.

Outra importante constatação com relação às áreas de depósitos de expurgos é que não houve incremento de vegetação menos densa entre as fases 2013 e 2015/2016, mas sim uma redução. Logo, não se pode afirmar, com base na análise multitemporal aqui definida, que as áreas de depósito de expurgos estão sofrendo com regeneração natural/ recuperação das áreas degradadas.

Com relação à constatação apresentada, inquestionavelmente, para o sucesso da regeneração/recuperação no Bioma Caatinga, a matéria orgânica exerce papel importante na

formação e estabilização dos agregados do solo, pois incrementa a fertilidade e amplia o efeito agregante do solo, gerando melhores condições edáficas e microclimáticas para o desenvolvimento da vegetação e da biota.

Dentre as várias vantagens, nas camadas orgânicas do solo há presença de um banco de sementes. Ademais, é reconhecido que em qualquer habitat de plantas superiores existem também plântulas com potencial propagativo. Já a utilização das “galhadas” de bitola fina, proporciona fonte orgânica para incorporação no solo e recuperação das condições edáficas. Ademais, as galhadas poderão proporcionar abrigos ao estabelecimento da fauna, proteção do solo contra processos erosivos e barreiras físicas a entrada e caminhar de animais nas áreas. Além disso, pode conter propágulos vegetais necessários às recuperações, como plântulas, sementes, gemas, dentre outros.

Um fator imprescindível quando na utilização do “expurgo” é utilizá-lo com maior antecedência possível desde sua retirada, pois os

processos de decomposição deste material armazenado em áreas adjacentes àquelas susceptíveis de supressão vegetal reduzem a sua eficácia e poder de regeneração/ recuperação de áreas degradadas, já que quanto mais envelhecido, menor é o aporte de matéria orgânica e materiais propagativos viáveis a germinação. Outro fator essencial ao sucesso na regeneração/recuperação é o método e a espessura da camada para espalhamento do material.

A partir dessas constatações pode-se perceber que as áreas de depósito de expurgo no PISF não estão sofrendo regeneração natural/ recuperação conforme previsto. Isso pode ser explicado pelo fato do expurgo apenas ter sido depositado, não sendo adotadas medidas simples, como, por exemplo, o espalhamento dos expurgos num curto espaço de tempo após as intervenções e a utilização correta das galhadas.

Outro fator que pode explicar a não regeneração/ recuperação das áreas de depósito de expurgo é o período crítico de escassez vivenciado na região.

**Tabela 7 – Áreas de Cobertura de Solo da Áreas de Depósito de Expurgos: ADA X Faixa de Obras.**

ADA				Faixa de Domínio do Canal - 100m				
2008 Chuvoso				2008 Chuvoso				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-2 to 0.079999	0,01	0,00	1	-2 to 0.079999	0,00	0,00	--
2	0.08 to 0.209999	82,03	19,41	2	0.08 to 0.209999	1,04	8,91	-54,07
3	0.21 to 0.359999	327,11	77,40	3	0.21 to 0.359999	9,16	78,74	1,73
4	0.36 to 2	13,45	3,18	4	0.36 to 2	1,44	12,34	287,70
	<b>Total</b>	<b>422,60</b>	100		<b>Total</b>	<b>11,63</b>	100	
2007 Seco				2007 Seco				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-2 to 0.099999	0,07	0,02	1	-2 to 0.099999	0,00	0,00	--
2	0.1 to 0.209999	117,96	27,94	2	0.1 to 0.209999	2,27	19,54	-30,07
3	0.21 to 0.269999	203,68	48,25	3	0.21 to 0.269999	5,60	48,18	-0,15
4	0.27 to 2	100,42	23,79	4	0.27 to 2	3,75	32,28	35,69
	<b>Total</b>	<b>422,13</b>	100		<b>Total</b>	<b>11,63</b>	100	
2013 Chuvoso				2013 Chuvoso				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-2 to 0.000009	0,00	0,00	1	-2 to 0.000009	0,00	0,00	--
2	0.00001 to 0.179999	202,14	49,28	2	0.00001 to 0.179999	6,32	54,90	11,41
3	0.18 to 0.299999	160,03	39,01	3	0.18 to 0.299999	4,46	38,76	-0,64
4	0.3 to 2	48,03	11,71	4	0.3 to 2	0,73	6,34	-45,89
	<b>Total</b>	<b>410,20</b>	100		<b>Total</b>	<b>11,52</b>	100	
2013 Seco				2013 Seco				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-2 to 0.000009	0,00	0,00	1	-2 to 0.000009	0,00	0,00	--
2	0.00001 to 0.249999	115,63	28,58	2	0.00001 to 0.249999	4,36	37,50	31,19
3	0.25 to 0.699999	262,85	64,98	3	0.25 to 0.699999	6,88	59,14	-8,98
4	0.7 to 2	26,05	6,44	4	0.7 to 2	0,39	3,35	-47,90
	<b>Total</b>	<b>404,53</b>	100		<b>Total</b>	<b>11,63</b>	100	
2015 Chuvoso				2015 Chuvoso				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-10 to 0.000009	0,00	0,00	1	-10 to 0.000009	0,00	0,00	--
2	0.00001 to 0.199999	361,07	85,45	2	0.00001 to 0.199999	9,99	85,89	0,52
3	0.2 to 0.299999	50,80	12,02	3	0.2 to 0.299999	1,61	13,84	15,15
4	0.3 to 299	10,69	2,53	4	0.3 to 299	0,03	0,27	-89,43
	<b>Total</b>	<b>422,56</b>	100		<b>Total</b>	<b>11,63</b>	100	
2016 Seco				2016 Seco				Ada X Faixa Domínio
Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	Classe	CLASS_NAME	Area (ha)	% Area Total	% Area ADAX100m
1	-10 to 0.000009	0,00	0,00	1	-10 to 0.000009	0,00	0,00	--
2	0.00001 to 0.229999	332,36	78,65	2	0.00001 to 0.229999	9,63	82,75	5,21
3	0.23 to 0.359999	84,19	19,92	3	0.23 to 0.359999	1,90	16,32	-18,10
4	0.36 to 10	6,01	1,42	4	0.36 to 10	0,11	0,93	-34,42
	<b>Total</b>	<b>422,56</b>	100		<b>Total</b>	<b>11,63</b>	100	

#### 4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Reconhece-se a limitação do estudo, tendo em vista seu caráter de avaliação expedito. Contudo, considerando a longa área de abrangência das obras do PISF, que percorrem cerca de 480 km de extensão entre todos os trechos e eixos da transposição, este tipo de avaliação mais geral se faz necessário.

Evidente que os problemas relacionados à disponibilização gratuita de imagens com melhores resoluções espaciais, radiométricas e temporais também influenciam diretamente na qualidade dos resultados.

A utilização do NDVI para definição dos tipos de cobertura do solo e posteriormente avaliar a dinâmica de regeneração/ recuperação demonstrou-se viável.

A partir destas constatações, pode-se afirmar que houve, como era de se esperar, uma maior degradação do solo por retirada de vegetação na faixa de domínio do canal do que na ADA com o avanço do PISF.

A utilização de expurgos é fundamental para a regeneração/recuperação de áreas degradadas, contudo, no caso do PISF, após avaliar os resultados do presente estudo, pode-se concluir que as técnicas adotadas na utilização desses expurgos não se mostraram adequadas.

A partir da proposta metodológica aqui apresentada chega-se à conclusão que este pode ser replicado para avaliação de áreas degradadas em processo de regeneração e recuperação ambiental.

Obviamente, a tomada de decisão com relação a estas áreas precisará que estudos menos expeditos sejam elaborados.

Por último, destaca-se que a partir da presente proposta de avaliação, dentre outras constatações, pode-se obter indicativos de áreas que deverão sofrer com ações de recuperação ambiental.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao Ministério da Integração Nacional – MI pela concessão dos dados que permitiram a realização dessa pesquisa. Aos professores do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília – UnB, em especial ao Dr. Edilson de Souza Bias e ao Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista, pela colaboração no desenvolvimento.

#### 6. REFERÊNCIAS

Braga; C. C.; Dantas, F. R. da C.; Neves, D. G. das. Estimativa da Cobertura Vegetal no Setor Leste de Pernambuco Utilizando Dados do AVHRR/NOAA. **Revista Verde**. v.4, n.3, p.99-107, jul./set. 2009.

Castro, N. de. **Transposição do Rio São Francisco: Análise de Oportunidade do Projeto** (textos para discussão 1577). Rio de Janeiro: IPEA, fev. 2011. Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1418/1/TD\\_1577.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1418/1/TD_1577.pdf)> Acessado em: 20/10/2016.

Costa Filho, J. F. da; Francisco, P. R. M.; Andrade, M. V. de; Silva L. da; Dantas, R. L. **Estimativa do índice de vegetação da diferença normalizada (IVDN) na microrregião de Sousa-PB utilizando imagens do CBERS-2**. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, jul. 2007. Aracaju - SE.

Foresti, C. & Hamburger, D.S. (1997). **Informações Texturais e Índices de Vegetação Obtidos de Imagens Orbitais como Indicadores de Qualidade de Vida Urbana**. p. 205-211. In: Indicadores ambientais. (MARTOS, H.L. & MAIA, N.B. Coord.). Sorocaba, s.n., 1997.

Francisco, P. R. M.; Chaves, I. B.; Lima, E. R. V.; Bandeira, M. M.; Silva, B. B. Mapeamento da Caatinga com Uso de Geotecnologia e Análise da Umidade Antecedente em Bacia Hidrográfica. In: **Revista Brasileira de Geografia Física**. n.03, out. 2012. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewFile/420/310>> Acessado em: 15/10/2016.

Melo, E. T.; Sales, M. C. L.; Oliveira, J. G. B. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para Análise da Degradação Ambiental da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. In: **Revista RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**. v. 23, p. 520-553, 2011. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/raega/article/view/24919/16717>>. Acessado em: 12/10/2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA – MA (Brasil). **Levantamento Exploratório/ Reconhecimento e Solos do Estado da Paraíba**.

Convênio MA/CONTAP/USAID/Brasil. Rio de Janeiro: SUDENE/DRN, 1972. 670p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MI (Brasil). Estudos De Inserção Regional: Relatório Geral - Tomo I. **Documento Técnico**. Brasília, 2000. 263p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MI (Brasil). Estudo de Impacto Ambiental - EIA. **Documento Técnico**. Brasília, 2004. 96p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MI (Brasil). 16º Relatório de Execução do PBA do PISF: Volume 1. **Relatório**. Brasília, 2015. 559p.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL – MI (Brasil). Plano de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável da Área de Abrangência do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PDRS-SF) - Produto 5. Contrato nº 214019 IICA/CON&SEA LTDA. **Documento Técnico**. Brasília, 2016. 164p.

Peixoto Filho, G. E. da C. **Proposta de Avaliação da Qualidade Ambiental Urbana da Bacia Hidrográfica do Prosa em Função do Uso e Ocupação do Solo**. Campo Grande – MS, 2008. 116p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO – SFB (Brasil). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. (Orgs. Maria Auxiliadora Gariglio; Everardo Valadares de Sá Barreto Sampaio; Luis Antônio Cestaro; Paulo Yoshio Kageyama). Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.

USGS. *Using Landsat 7 Data*. United State Geological Survey (USGS). Disponível em: <[http://landsat.usgs.gov/using\\_Landsat\\_7\\_data.php](http://landsat.usgs.gov/using_Landsat_7_data.php)> Acessado em: 14/11/2016.